

Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых  
«Современные технологии поддержки принятия решений в экономике»

### МЕТОДЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ПОСЛОЙНЫМ СИНТЕЗОМ

*В.В. Ворошилов, М.А. Рябов, студенты группы 10730, Н.А. Сапрыкина, к.т.н., доцент  
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

*Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. 8(384-51) 7-77-63*

*E-mail: mr.viktor10@list.ru*

На протяжении длительного времени формообразование изделий осуществлялось по двум направлениям: с удалением материала, без удаления материала (рис. 1). К технологии обработки с удалением материала относят все виды обработки резанием, электрохимическую, электроэрозионную обработку, плазменную, лазерную резку и т.п. Для реализации этой технологии и достижения требуемой точности требуется наличие большого количества инструментов, форма которых, как правило, определяет геометрию получаемых поверхностей [16, 36,49].

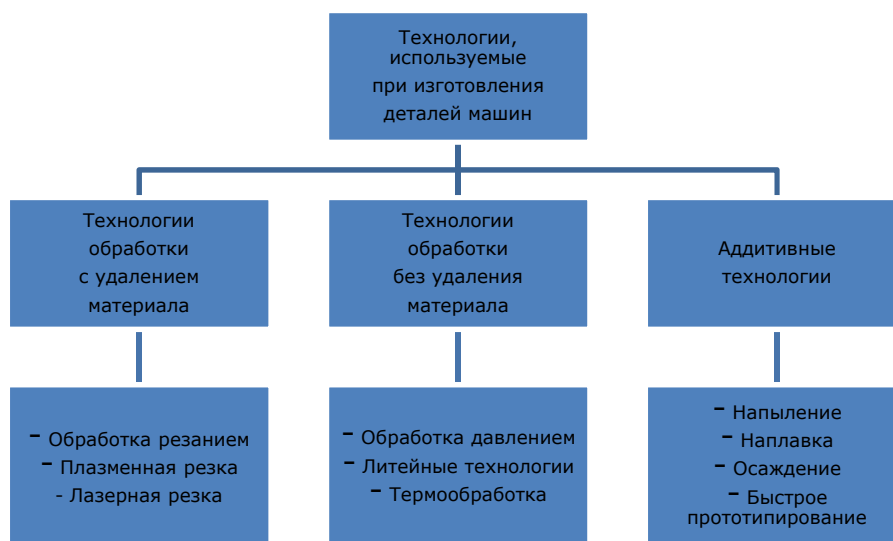


Рис. 1 Классификация методов формообразования изделий

К технологиям обработки без удаления материала относят обработку давлением, литейные технологии и термообработку. Данные технологии применяются в промышленном производстве заготовок и готовых изделий с использованием литейных форм, штампов и ковочных инструментов. Постепенно повышались точность и производительность этих технологий, усложнялась геометрия изделий, но до конца двадцатого века новых методов формообразования создано не было. Появление систем автоматизации проектирования (CAD/CAM/CAE) повлияло на развитие новой технологии формообразования – аддитивной [1].

Аддитивные технологии (см. рис. 1) направлены на создание сложных объемных изделий путем последовательного добавления материала (или материалов) [2]. К данным способам относятся - напыление, наплавка, осаждение, быстрое прототипирование. Изготовление сложных изделий с помощью этих методов в большинстве случаев не требует сложной формообразующей оснастки. В свою очередь технологии быстрого прототипирования позволяют изготавливать как физические модели изделий, не предназначенные для функционального использования в каких-либо устройствах, так и функциональные изделия.

В настоящее время сложно назвать область деятельности, где не используются технологии быстрого прототипирования RP (Rapid Prototyping) представляющие собой послойный синтез физической копии на основе 3D CAD-модели. Они стремительно вошли в современную промышленность, медицину, фармацевтику, криминалистику, археологию, дизайн, архитектуру, образование, то есть практически во все сферы деятельности человека, вооруженного компьютером, и стали неотъемлемой частью процесса материального производства, будь то серийная продукция или единичные изделия. Современный инженер не мыслит себе создание новой продукции вне цепочки CAD/CAM/CAE, внутри которой важнейшее место занимает RP-технология [3].

При проектировании новой машины часто возникает необходимость в опытных образцах изделия в целом или его составных частей. Метод лазерно-компьютерного макетирования (ЛКМ), представляет собой разновидность RP-технологии и позволяет в считанные часы получать изделия-прототипы, которые могут использоваться: маркетологами - в рекламе; конструкторами - для оценки дизайна, функциональности, эргономичности; технологами - для оценки технологичности и проектирования всей необходимой технологической оснастки.

Область применения технологий быстрого прототипирования определяется достижимой точностью и качеством изготовления детали. Можно выделить основные сферы применения этих технологий:

1. Прототипы для оценки проекта. На этапе конструирования они позволяют оценить визуальные, эргономические и другие характеристики будущих изделий.
2. Прототипы для функциональной оценки (рис. 2) [4]. Модели объектов создаются для физического моделирования процессов и явлений.
3. Модели для дальнейшего производственного процесса – литейные и др.
4. Производство функциональных изделий, которое предполагает изготовление единичных функциональных изделий сложной формы.
5. Изготовление имплантатов, макетов органов в биомедицине.
6. Производство оснастки индивидуальных дизайнерских изделий в ювелирной промышленности.

Существует большое количество технологий быстрого прототипирования, которые отличаются друг от друга применяемым материалом и способом его нанесения. Перечислим основные из них.

**Стереолитография (Laser Stereolithography)**- это исторически первый и наиболее распространенный метод быстрого прототипирования. Метод основан на послойном отверждении жидкой фотополимеризующейся композиции лазерным лучом, направляемым сканирующей системой. При добавлении в фотополимеризующуюся композицию металлических или керамических порошков изменяются свойства полимера и усложняется процесс синтеза. Лазерная стереолитография (ЛС) позволяет получать наиболее точные и сложные модели (рис. 3), а применяемые материалы обладают рядом преимуществ (прочность, прозрачность, влагостойкость, простота обработки поверхности, возможность склейки и т.д.).

Преимуществами данной технологии являются: сравнительно высокие механические свойства получаемых прототипов; отсутствие ограничений по сложности исполняемой геометрии; высокая и легко прогнозируемая скорость выполнения прототипа; малый расход материала, обуславливающий низкую цену. К недостаткам этой технологии относят нежелательное искривление полимеризуемой поверхности и расслоение деталей.

Направления дальнейшего развития стереолитографии:

1. промышленная эксплуатация стереолитографов;
2. создание миниобъектов;
3. создание биосовместимых композиций и объектов с внутренней структурой;
4. развитие программного обеспечения для стереолитографии и медицинских приложений.

**Технология FDM (Fused Deposition Modeling)**- заключается в послойной укладке расплавленной полимерной нити в соответствии с геометрией математической модели детали, разработанной в системе CAD [7]. Нити изготавливаются из сополимера химических составов акрилонитрила (Acrylonitrile), бутадиена (Butadiene) и этилен-бензола (Styrene) (ABS), поликарбоната (PC) или воска. Термопласт выдавливается через специальную головку с определенной температурой, переходя при этом в полужидкое состояние (рис. 4). Затем он наносится тонкими слоями на неподвижное основание с очень высокой точностью. Слои затвердевают и соединяются друг с другом. Применяется данная технология в единичном производстве.

Модель, изготовленная с применением этой технологии, называемой WaterWorks, остается гладкой и чистой, без рисок и царапин, с сохранением мельчайших деталей. Применение FDM технологии позволяет изготавливать тонкостенные детали и детали со сложными внутренними полостями. Кроме того, возможно параллельное изготовление нескольких деталей, если они вписываются в рабочую зону установки. Полученное изделие можно сразу использовать, поскольку не требуется его последующая доработка. В качестве недостатков данной технологии указывается использование дорогостоящих и не всегда безопасных исходных составляющих.

Преимуществами данной технологии являются: возможность изготовления элементов типа «защелка»; изготовление сложных узлов в сборе; использование ABS и PC материалов для построения прототипа; возможность производить испытания на собираемость и функциональность; изготов-

ление стойких моделей для литья в песчаные формы. По точности и шероховатости FDM- модели уступают LS, но многие задачи могут быть решены за счет этой доступной и дешевой технологии.

**Технология LOM** (Laminated Object Manufacturing - процесс изготовления объектов с использованием ламинирования) включает в себя лазер, который слой за слоем вырезает контуры сечений по CAD-данным, [7] (рис. 5). CAD - данные поступают в систему управления станком, где с помощью специального программного обеспечения создаются поперечные сечения детали. Луч лазера вырезает контур сечения в верхнем слое, а затем разрезает области лишнего материала для последующего удаления. Новый слой соединяется с предыдущим за счет прокатки термоваликом и создается новое поперечное сечение, которое затем также вырезается. После того, как все слои будут изготовлены, избыточный материал удаляется вручную. Затем поверхность детали шлифуется, полируется или окрашивается. В данной технологии применяются недорогие твердые листовые материалы. Преимуществом LOM- моделей является надежность, устойчивость к деформациям и эффективная стоимость, независящая от геометрической сложности [9]. К недостаткам относятся шероховатость боковой поверхности изделий. Сложно также выполнять последующую обработку изделия из-за возможного расслоения.

Дальнейшее развитие технологии LOM направлено на добавление порошковых материалов (керамики, полимеров) при прессовании листового материала и ламинировании, а также повышение точности формы синтезируемых деталей.

**Технология SLS**(Selective Laser Sintering) - селективное лазерное спекание, является одной из технологий производства изделий любой геометрии из порошкообразного материала. Свое развитие технология начала в 70-х годах прошлого века. В 1971 году француз Пьер Сиро (Pierre Ciraud) подал заявку на патент, описывающая способ изготовления изделий из порошкового материала.

SLS технологии широко используется во всем мире благодаря своей способности легко и просто создавать очень сложные геометрические формы непосредственно с цифровых данных систем автоматического проектирования (САПР). В то время, как в начале цикла разработки технология в основном использовалась для создания прототипов уменьшенных деталей устройств, то сейчас она все чаще используется для производства запчастей практического применения с небольшим объемом партий. Одним из наименее ожидаемых и быстро растущих применений SLS является его использование в искусстве [10].

Процесс лазерного спекания во многом аналогичен стереолитографии: здесь также применяются лазерный луч и пошагово опускаемая платформа (рис. 6). Однако в качестве строительного материала используется порошок, который подается из питающего контейнера и с помощью специального ролика тонким слоем распределяется по поверхности платформы. Лазерный луч сканирует по поверхности порошка, обводя контур первого слоя будущей модели, а затем сканирует все пространство внутри него. В результате теплового воздействия лазерного излучения частицы порошка оплавляются, а после ухода лазерного луча – затвердевают, образуя спеченную или сплавленную структуру. Таким образом, в процессе изготовления прототипа исходный материал претерпевает два фазовых изменения: из твердого в жидкое, и снова в твердое. Процесс генерации модели продолжается слой за слоем. При этом модель погружена в ванну из неспеченного порошка, являющегося естественной опорой. После извлечения модели из камеры излишки порошка удаляются. Удаляемый порошок можно использовать повторно

*Преимуществами данной технологии являются:*

1. Прототип позволяет оценить внешний вид детали, проверить надежность конструкции, произвести сборку, проверить работоспособность детали или узла.
2. Не нуждается в поддержке структур в связи с тем, что части строящихся элементов окружены исходным рабочим материалом на протяжении всего времени изготовления, малые деформации и напряжения
3. Изготовление функциональных моделей сложных геометрических форм с высокой точностью
4. Широкий выбор недорогого нетоксичного строительного материала – от пластика до металлического сплава

*Недостатками являются:*

1. Высокая шероховатость и пористость моделей.
2. Для более полного протекания объемной и поверхностной диффузии, вязкого течения и других процессов, имеющих место при спекании порошка, требуется относительно длительная выдержка под лазерным излучением, это приводит к длительной работе лазера и малой производительности процесса, что делает этот процесс экономически не целесообразным.

3. Сложности с поддержанием температуры процесса в интервале между точкой плавления и температурой твердофазного спекания.

В настоящее время существует большое количество технологий быстрого создания изделий. Они используют различные физические процессы и материалы для создания прототипов. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки, область эффективного применения. Во многих случаях изделия, полученные методами быстрого прототипирования можно применять сразу по назначению или после незначительных доводочных операций. Наиболее перспективным направлением развития технологий быстрого создания изделий является селективное (избирательное) лазерное спекание, которое позволяет получать функциональные изделия, является практически безотходной и наиболее универсальной, так как имеет самый широкий выбор недорогих модельных материалов.

Литература.

1. Additive Fabrication Terminology Unraveled. – <http://www.additive3d.com>.
2. Зленко М. Технологии быстрого прототипирования - послыйный синтез физической копии на основе 3D CAD-модели // CAD/CAM/CAE Observer. – 2003. – №2 (11). – С. 2–9.
3. Петрушин С. И., Сапрыкин А. А., Вальтер А. В. Технологии послыного синтеза изделий-прототипов методом селективного лазерного спекания порошков // Технология машиностроения. – 2015 – №. 3. – С. 42–45
4. Сапрыкина Н.А., Сапрыкин А.А. Изготовление металлических изделий методом послыного синтеза // Современная техника и технологии: Тезисы 11 междунар. н/п конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – С. 216–218.
5. Live C.L., Leong K.F., Chua C.K., Du Z. Dual material rapid prototyping techniques for the development of biomedical devices. Part 1: Space Creation // Int.J.Adv.Manuf. Technol. – 2001. – V. 18. – P. 717– 723.
6. Технологии быстрого прототипирования в современном производстве. – <http://www.sibai.ru/tehnologii-byistrogo-prototipirovaniya-v-sovremennom-proizvodstve>.
7. Технология FDM. – <http://rp-machines.ru/technology/fdm>.
8. Технологии быстрого прототипирования. – <http://sldt.ru/rp/gallery>.
9. Технология FDM. – <http://www.cad.dp.ua/obzors/prototip.php>.
10. <http://3dcream.ru/tehnologiya-sls-istoriya-sozdaniya-i-razvitiya.html> Технология SLS. История создания и развития.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ОБЗОР СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СОДЕРЖИМЫМ САЙТОВ

*А.А. Бучельников, студ.*

*Научный руководитель: Чернышева Т. Ю., к.т.н.*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета  
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26  
E-mail: alex\_butschelnikov@mail.ru*

Основная задача систем управления контентом (CMS-content management system) заключается в создании за короткий срок функциональных сайтов, эффективно решающих поставленные перед ними задачи [1]. При этом наполнение сайта создается, как правило, на основе готовых шаблонов, путем формирования наборов функционально законченных блоков с последующим наполнением их предметно ориентированной информацией. Шаблоны сайтов, их отдельных страниц или функциональных блоков как правило, предоставляются производителями CMS в виде готовых библиотек. Таким образом, процесс работы с системой происходит без участия программистов или с минимальным объемом самостоятельно создаваемого программного кода или разметки сайтов [4].

На сегодняшний день известно и широко используется несколько десятков систем управления контентом. Таким образом, выбор наиболее подходящей из них для решения конкретных, поставленных заказчиками веб-ресурсов задач, является достаточно сложным.

Для проведения сравнительного анализа CMS-систем необходимо, прежде всего, выделить его основные критерии. При этом было принято решение сузить спектр анализируемых систем, принимая во внимания те предпочтения, которые определили их выбор уже существующими или наиболее вероятными пользователями.

Для объективной оценки предпочтительности использовался сервис [www.wordstat.yandex.ru](http://www.wordstat.yandex.ru). Данный ресурс показывает месячную статистику запросов поисковой системы Яндекс с возможно-